

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: LAURENT BIGNOLLES

GAU:

SERIAL NO: NEW APPLICATION

EXAMINER:

FILED: HEREWITH

FOR: OPTICAL NIGHT VISION DEVICE WITH STANDARD LIGHT INTENSIFIER

REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

- Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number, filed, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
France	98 15480	December 8, 1998

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- are submitted herewith
- will be submitted prior to payment of the Final Fee
- were filed in prior application Serial No. filed
- were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- (B) Application Serial No.(s)
- are submitted herewith
- will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Gregory J. Maier
Registration No. 25,599

Robert F. Gnuse
Registration No. 27,295

Fourth Floor
1755 Jefferson Davis Highway
Arlington, Virginia 22202
Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 11/98)



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

RECEIVED
NOV 18 1999
LICENSING & REVIEW

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 16 AOUT 1999

Pour le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Cette copie officielle ne peut être utilisée que comme document de priorité à l'appui de la demande de brevet correspondante aux ETATS-UNIS sous réserve qu'elle y soit mise au secret dans les conditions fixées par l'article 2 de l'arrêté du 15 février 1999 prononçant la prorogation des interdictions de divulgation et de libre exploitation de cette invention.

Martine PLANCHE

CONFIDENTIEL DEFENSE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIETE
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersbourg
75800 PARIS Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04
Télécopie : 01 42 93 59 30

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

Confirmation d'un dépôt par télécopie

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

Réservé à l'INPI

CONFIDENTIEL

DÉFENSE

NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

Mme Claire VASLIN

THOMSON-CSF

TPI/DB

13, Av. du Président Salvador Allende
94117 ARCUEIL CEDEX

n°du pouvoir permanent références du correspondant téléphone
02200 61536 01 41 48 45 47

date

DATE DE REMISE DES PIÈCES

08 DEC 1998

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

98 15480

DÉPARTEMENT DE DÉPÔT

03 DEC. 1998

2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle

- brevet d'invention demande divisionnaire
 certificat d'utilité transformation d'une demande de brevet européen
 demande initiale brevet d'invention

Établissement du rapport de recherche

différé immédiat

Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance

Titre de l'invention (200 caractères maximum)

DISPOSITIF OPTIQUE POUR LA VISION NOCTURNE AVEC INTENSIFICATEUR DE LUMIERE STANDARD

3 DEMANDEUR (S) n° SIREN 6 1 2 0 3 9 4 9 5 code APE-NAF

Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination

Forme juridique

Société dite :
SEXTANT AVIONIQUE

Société Anonyme

Nationalité (s) Française

Adresse (s) complète (s)

Pays

Aérodrome de Villacoublay
78141 VELIZY VILLACOUBLAY

France

En cas d'insuffisance de place, poursuivre sur papier libre

4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs

oui

non

Si la réponse est non, fournir une désignation séparée

5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES

requise pour la 1ère fois

requise antérieurement au dépôt : joindre copie de la décision d'admission

6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE

pays d'origine

numéro

date de dépôt

nature de la demande

CONFIDENTIEL DÉFENSE

7 DIVISIONS antérieures à la présente demande n°

date

n°

date

8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE

(nom et qualité du signataire - n° d'inscription)

Claire VASLIN

SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION

SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI

DIVISION ADMINISTRATIVE DES BREVETS

26bis, rue de Saint-Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Tél. : 01 53 04 53 04 - Télécopie : 01 42 93 59 30

<p style="text-align: center;">DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR</p> <p>(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou le unique inventeur)</p> <p>CONFIDENTIEL DÉFENSE</p> <p><i>DECLASSIFIED BY REGISTRATION NUMBER</i></p>	
<p>98 15480</p>	

TITRE DE L'INVENTION :

DISPOSITIF OPTIQUE POUR LA VISION NOCTURNE AVEC INTENSIFICATEUR DE LUMIERE STANDARD

LE(S) SOUSSIGNÉ(S)

SEXTANT AVIONIQUE

DÉSIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

M. BIGNOLLES Laurent

Domicilié à :

THOMSON-CSF

TPI/DB
13, Avenue du Président Salvador Allende
94117 ARCUÉIL CEDEX

NOTA : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature (s) du (des) demandeur (s) ou du mandataire

08 DEC 1998

Wash

Claire VASLIN

CONFIDENTIEL DÉFENSE

ORIGINAL

CONFIDENTIEL DÉFENSE

La présente invention se rapporte à un dispositif de vision nocturne destiné à être porté sur la tête de l'utilisateur. Plus précisément
5 l'invention est un dispositif pour une lunette de vision nocturne compacte et comportant un intensificateur de lumière standard.

Les rayons lumineux émis par le paysage qui passent dans la pupille de l'oeil forment sur sa rétine une image du paysage. De nuit, la lumière émise par le paysage est de trop faible intensité pour permettre à
10 l'oeil nu une bonne perception de son environnement, mais elle est suffisante pour qu'un intensificateur d'image réalise électroniquement une image visible du paysage.

Dans un intensificateur de lumière, ou tube intensificateur d'image, les électrons émis par une photocathode soumise à des photons
15 venant du paysage sont multipliés et accélérés avant de frapper un écran sur lequel se forme une image intensifiée du paysage. Pour réaliser un dispositif de vision nocturne, l'intensificateur est complété par un objectif qui focalise la scène observée sur la photocathode et par un oculaire qui permet de présenter à l'utilisateur une image intensifiée et collimatée de la scène.

20 Les dispositifs de vision nocturne les plus utilisés actuellement sont les jumelles de vision nocturne (JVN) dans lesquelles l'objectif, l'intensificateur de lumière et l'oculaire sont alignés devant l'oeil de l'utilisateur. L'objectif forme une image de la scène sur la photocathode mais il lui impose simultanément une rotation de 180 degrés (sur la photocathode,
25 le paysage est représenté « tête en bas »). Afin de présenter une image visible dont la direction est conforme à la réalité, une jumelle de vision nocturne comporte également un système permettant de retourner l'image intensifiée de 180 degrés, généralement un faisceau de fibres optiques twisté appelé faisceau de fibres inverseuses. Des intensificateurs de lumière
30 standard sont largement commercialisés : ils comportent un faisceau de fibres inverseuses intégré.

Des jumelles de vision nocturne peuvent être montées sur un casque, notamment pour pilote d'avion ou d'hélicoptère. Mais ces dispositifs présentent devant les yeux de l'utilisateur un encombrement important dont
35 la masse et la position du centre de gravité augmentent particulièrement le

CONFIDENTIEL DÉFENSE

CONFIDENTIEL DÉFENSE

DECLASSEMENT AUTOMATIQUE

risque de lésions de la tête du pilote portant ses jumelles et empêchent le pilote de réaliser une éjection non préparée hors de son véhicule.

Pour réduire l'encombrement en avant des yeux de l'utilisateur, des lunettes de vision nocturne ont été proposées avec des pliages optiques. Le brevet US 4 653 879 décrit des lunettes comportant un circuit optique situé dans un plan perpendiculaire à la direction du regard et dans lequel la lumière est intensifiée ; un mélangeur permet de superposer l'image intensifiée avec la vision directe de l'utilisateur. L'ensemble de la voie optique intensifiée comporte 6 miroirs ou prismes de pliage. Ces lunettes restent lourdes et trop encombrantes pour être placées à l'intérieur d'un casque.

Puis on a proposé des lunettes de vision nocturne avec 4 pliages optiques ; chaque voie intensifiée comporte un objectif avec deux pliages, un intensificateur de lumière spécifique sans fibres inverseuses, dont l'emplacement est vertical et latéral par rapport à l'oeil de l'utilisateur, et un oculaire avec deux pliages. Ces lunettes sont compactes, légères et compatibles avec les contraintes de sécurité exigées lors d'une éjection de leur utilisateur. Mais l'intensificateur de lumière spécifique conduit à des coûts élevés, notamment pour l'obtention d'un certificat de qualification nécessaire pour l'utilisation des lunettes à bord de certains aéronefs. L'intensificateur standard tout en comportant un faisceau de fibres optiques supplémentaire par rapport à l'intensificateur spécifique est globalement beaucoup moins coûteux pour le dispositif optique l'incorporant. Le remplacement dans ces lunettes de l'intensificateur spécifique par un intensificateur standard conduirait à la présentation d'une image intensifiée avec une rotation de 180 degrés par rapport au paysage ; l'ajout d'un bloc de fibres inverseuses pour remédier à cet inconvénient augmenterait trop fortement l'encombrement en hauteur de ces lunettes en rehaussant l'objectif et les lunettes ainsi modifiées ne seraient plus compactes.

Le problème consiste à réaliser, avec un intensificateur de lumière standard, des lunettes de vision nocturne compactes et compatibles d'une éjection non préparée de leur utilisateur hors de son aéronef tout en présentant un champ large d'au moins 40 degrés.

C'est pourquoi l'invention propose un dispositif compact de vision nocturne d'une scène comportant un objectif recevant en entrée de la

CONFIDENTIEL DÉFENSE

CONFIDENTIEL DÉFENSE

3

lumière de la scène selon une première direction, un intensificateur de lumière, un oculaire présentant à sa sortie une image intensifiée dans une seconde direction sensiblement parallèle à la première direction et des moyens de guidage des rayons lumineux entre l'entrée de l'objectif et la
5 sortie de l'oculaire, le guidage s'effectuant notamment selon un plan de déviation optique qui est sécant avec les première et seconde directions et contient l'axe longitudinal de l'intensificateur de lumière, ledit dispositif est caractérisé en ce que l'intensificateur de lumière est un intensificateur assurant une rotation de l'image de 180 degrés entre son entrée et sa sortie
10 et en ce que les moyens de guidage comportent 4 pliages optiques, l'un étant dans l'objectif et les trois autres dans l'oculaire.

L'axe longitudinal de l'intensificateur de lumière est l'axe selon lequel les électrons émis par la photocathode sont accélérés, c'est l'axe perpendiculaire au plan tangent à la photocathode.

15 L'oculaire selon l'invention réalise une unique image intermédiaire entre son entrée et sa sortie. L'oculaire selon l'invention réalise une unique image intermédiaire entre la source d'image et l'oeil de l'utilisateur.

20 L'intensificateur de lumière est de préférence un intensificateur de lumière standard, notamment un intensificateur certifié pour équiper un dispositif embarqué à bord du véhicule de l'utilisateur du dispositif de vision nocturne.

25 De préférence l'oculaire comporte un combineur dont l'angle α , entre le rayon moyen du champ central et le plan de pliage 58, dépend de l'indice optique n du combineur et du demi-champ θ du dispositif. L'angle α du combineur est supérieur à 45 degrés.

Le dispositif compact selon l'invention présente un champ de vision large d'au moins 40 degrés.

30 L'invention peut comprendre une source d'image supplémentaire permettant d'afficher par exemple des informations relatives au vol de véhicule en superposition avec l'image intensifiée.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée suivante de réalisations particulières qui sont faites en référence aux dessins annexés suivants dans lesquels une même référence correspond à un même élément :

CONFIDENTIEL DÉFENSE

CONFIDENTIEL DÉFENSE

DECLASSIFIED 4

- la figure 1 représente une vue de face de l'enveloppe du trajet des rayons lumineux dans un dispositif de vision selon l'invention pour chaque oeil de l'utilisateur ;
- la figure 2 représente une vue selon le profil droit de l'utilisateur
- 5 des rayons déjà représentés sur la figure 1 ;
 - la figure 3 représente un schéma simplifié en perspective d'un dispositif selon l'invention ;
 - la figure 4 est une représentation pliée dans un plan d'un oculaire selon l'invention ;
- 10 - la figure 5 représente d'un combineur selon l'invention.

Sur figure 1, la tête d'un utilisateur 1 est représentée par une vue de face avec un dispositif compact 2, 3 de vision nocturne devant chaque oeil 4, 5 ; le dispositif 2 correspondant à l'oeil droit 4 de l'utilisateur. Chaque dispositif est représenté à l'aide du contour du volume utilisé par les rayons
15 lumineux le traversant et d'un élément de forme cylindrique matérialisant l'enveloppe extérieure d'un intensificateur de lumière 6, 7 avec fibres inverseuses. L'intensificateur 6, 7 est placé au niveau du front de l'utilisateur, à l'extérieur de la verticale passant par l'oeil et son axe longitudinal est sensiblement horizontal.

20 Dans le dispositif 2, l'entrée 8 de l'objectif 9 est située au niveau du front de l'utilisateur, au dessus de l'oeil 4. La lumière émise par le paysage est reçue selon une première direction d'observation D1 qui est perpendiculaire à la surface d'entrée 8. La direction de repos naturelle du regard de l'utilisateur est dirigée selon une seconde direction D2 différente
25 de la première direction D1 ; la seconde direction D2 est de préférence parallèle à la première direction D1 et l'écart entre ces directions est limité. Dans la largeur de la tête de l'utilisateur, l'écart est réduit à quelques millimètres ce qui permet à un utilisateur muni d'un dispositif de vision nocturne pour chaque oeil d'observer une image intensifiée du paysage sans
30 être perturbé par des défauts de parallaxe sur l'horizontale. L'oculaire 10 présente à l'oeil 4 l'image intensifiée produite par l'intensificateur 6, il comporte de préférence un combineur qui est transparent pour les rayons lumineux émis par le paysage selon la direction D2 et qui assure le pliage des rayons venant de l'intensificateur ; l'oeil 4 reçoit alors une image

CONFIDENTIEL DÉFENSE

DECLASSIFIED 4

intensifiée, observée par l'objectif selon la direction D1, superposée à la vision directe du paysage selon la direction d'observation D2.

Sur la figure 2, l'écart entre les directions d'observation D1 et D2 est représenté par rapport à hauteur de la tête de l'utilisateur, il est limité à 5 une valeur proche de 4 centimètres. Cet écart permet notamment de dégager la vue directe dont dispose l'utilisateur dans la direction D2 si l'oculaire comporte un combineur 11 placé devant l'oeil 4, tout en conservant une prise de vue de la voie intensifiée proche de l'oeil. La position de la prise 10 de vue du dispositif compact est notamment compatible avec les dimensions réduites d'un poste de pilotage comme celui d'un avion d'arme dans lequel une prise de vue qui serait trop élevée par rapport à l'oeil ne permettrait pas d'acquérir une vue étendue du paysage à travers le pare-brise, mais serait perturbée par la structure supérieure de maintien de ce pare-brise.

Sur la figure 3, un dispositif compact selon l'invention est 15 représenté schématiquement en perspective. Le rayon moyen du champ central de vue du dispositif y est représenté par une ligne brisée formée de 5 segments rectilignes 30 à 34 tels que deux segments successifs ne sont pas parallèles. Ce rayon lumineux, orienté selon la direction d'observation D1, entre dans le dispositif par le point 35 au centre de l'entrée de l'objectif et 20 suit le premier segment rectiligne 30 puis il subit un pliage 36 pour être guidé dans un plan de déviation optique sécant avec la direction d'observation D1 de la lumière à intensifier, il y suit le segment suivant 31 le long duquel est situé l'axe longitudinal 37 de l'intensificateur de lumière. A la sortie de l'objectif, le rayon lumineux moyen du champ central pénètre dans 25 l'intensificateur en frappant la photocathode en un point 38 du segment courant 31. L'objectif forme une image du paysage dans le plan de la photocathode de l'intensificateur qui est perpendiculaire au second segment 31 au niveau du point 38. La photocathode est située dans le plan focal de l'objectif. Le plan optique de déviation est perpendiculaire au plan 30 de la photocathode.

L'intensificateur affiche d'abord une image intensifiée du paysage (observé dans la direction D1) par exemple sur l'écran d'un tube cathodique puis il applique à cette image une rotation de 180 degrés selon son axe longitudinal 37 aligné avec le segment courant 31. Dans un intensificateur de 35 lumière standard, la rotation est réalisée au moyen d'un faisceau de fibres

CONFIDENTIEL DÉFENSE

6

optiques torsadé (ou twisté), également nommé faisceau de fibres inverseuses. L'image affichée à la sortie de l'intensificateur présente un plan tangent sensiblement perpendiculaire au segment courant 31 en un point 39 et le rayon lumineux moyen du champ central tracé dans la figure 3 entre à 5 ce point 39 dans l'oculaire du dispositif optique.

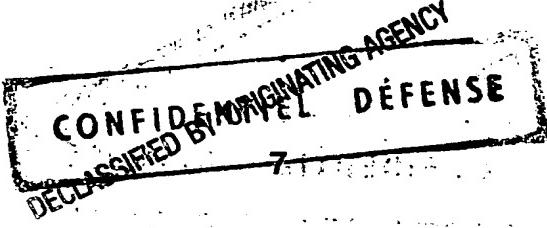
L'oculaire est la partie du dispositif située entre la sortie de l'intensificateur de lumière et l'oeil 4 de l'utilisateur, il présente à l'utilisateur une image qui est de préférence collimatée. Dans l'oculaire, le rayon lumineux étudié est affecté d'un premier pliage 40 le renvoyant par exemple 10 vers le bas du visage de l'utilisateur selon le troisième segment rectiligne 32. Les second et troisième segments 31 et 32 sont dans le plan de déviation optique qui est sécant avec la direction d'observation D1, et dans lequel le rayon lumineux subit un second pliage 41 le dirigeant selon un quatrième segment rectiligne 33 sensiblement parallèle au deuxième segment 31 suivit 15 lors de l'entrée dans l'oculaire. Dans l'exemple de réalisation des figures 1 et 2, le plan optique de déviation est sensiblement vertical.

A l'issue du quatrième segment rectiligne 33, le rayon lumineux moyen du champ central est encore dans l'oculaire et il est affecté d'un troisième pliage 42 le renvoyant en dehors du plan de déviation optique, en 20 direction de l'oeil 4 et suivant le cinquième segment rectiligne 34 dont la direction D2 est sensiblement parallèle à la direction D1 d'entrée du rayon lumineux dans l'objectif.

En figure 4, un oculaire selon l'invention est représenté ; il est aplati dans le plan de la figure 4 qui correspond au plan de déviation optique 25 contenant les second, troisième et quatrième segments rectilignes 31, 32 et 33 décrits précédemment à l'aide de la figure 3. Le cinquième segment rectiligne 34, dans la direction D2 et voisin de l'oeil 4, n'appartient pas au plan de déviation optique mais il est représenté rabattu dans le plan de la figure 4 sous la forme d'un segment 44 issu du troisième point 42 de pliage 30 de l'oculaire. Sur la figure 4, ce segment 44 est perpendiculaire à un segment 43 qui correspond à une représentation rabattue de la pupille de l'oeil 4.

L'intensificateur de lumière assure une intensification et une rotation de 180 degrés autour de son axe longitudinal, c'est un intensificateur 35 inverseur. Sa sortie présente une surface dont le plan tangent est

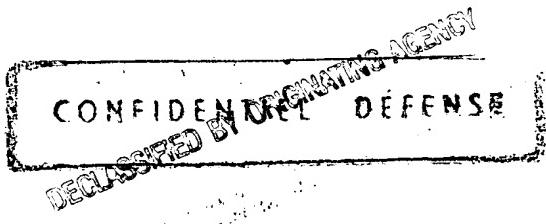
CONFIDENTIEL DÉFENSE



perpendiculaire au second segment rectiligne 31. Cette surface est également la surface d'entrée 45 dans l'oculaire. Dans l'oculaire, le rayon optique entrant suivant le segment 31 subit un premier pliage 40 d'environ 90 degrés dans le plan de la figure 4 à l'aide d'un premier moyen de pliage 46 plan et sensiblement perpendiculaire au plan de la figure 4. Le premier moyen de pliage 46 de l'oculaire est par exemple un miroir plan. Dans une variante de réalisation le premier moyen de pliage 46 est un cube combineur 47 permettant de superposer une autre image affichée sur une de ses faces 48 avec l'image intensifiée obtenue sur la face 45 d'entrée de l'oculaire placée en sortie de l'ensemble composé de l'objectif et de l'intensificateur d'image inverseur. L'autre image comporte par exemple des informations sous forme de symboles. Le cube combineur 47 présente l'avantage d'être assez éloigné de l'oeil 4, il ne gêne pas le champ de vue direct de l'utilisateur tout en permettant l'affichage supplémentaire d'informations assurant par exemple l'aide au pilotage.

Après le premier pliage 40, les rayons lumineux, issus de l'image intensifiée affichée sur la surface de sortie de l'intensificateur, traversent une premier groupe de lentilles 49 ; puis ils sont pliés par une second pliage 41 d'environ 90 degrés juste après lequel le rayon central du champ de l'objectif, qui était entré dans l'oculaire selon le second segment 31, est parallèle et en sens inverse sur le quatrième segment 33. Le premier groupe de lentilles 49 est centré sur le troisième segment 32 du dispositif, il réalise une image intermédiaire 50 de l'image intensifiée affichée sur la surface 45 d'entrée dans l'oculaire. Un second groupe de lentilles 51 permet, à l'aide d'un troisième pliage 42, de présenter l'image intensifiée à l'oeil de l'utilisateur. Le second groupe 51 assure de préférence une collimation de l'image intermédiaire.

L'oculaire selon l'invention réalise une unique image intermédiaire 50 située entre la surface 45 d'entrée de l'oculaire, sur laquelle se trouve la source d'image, et la sortie de l'oculaire au niveau de laquelle l'utilisateur place la pupille 43 de son oeil 4 ; en combinaison avec un objectif, l'oculaire permet la présentation à l'utilisateur d'une image intensifiée conforme à la géométrie du paysage et élaborée par un intensificateur inverseur. Les lentilles du premier groupe 49 présentent un diamètre réduit par rapport à la surface d'entrée 45 de l'oculaire et par



CONFIDENTIEL DÉFENSE

rapport au second groupe de lentilles 51 assurant la collimation, elles n'alourdissent pas notablement le dispositif de vision nocturne de l'invention. De préférence, le troisième pliage 42 de l'oculaire est formé par un combineur assurant à la fois le pliage des rayons de lumière intensifiée vers l'oeil 4 de l'utilisateur et la transmission des rayons lumineux provenant directement du paysage selon la direction D2. Avec le combineur, l'image intensifiée acquise dans la direction D1 est superposée à la vue directe dans la direction D2.

Dans l'invention, le troisième pliage 42 est par exemple un pliage à angle droit renvoyant le rayon lumineux du quatrième segment rectiligne 33 selon la normale au plan de déviation optique ; ledit plan étant également perpendiculaire à la direction d'observation D1. Ce pliage peut être réalisé par un miroir incliné de 45 degrés par rapport au quatrième segment 33, ou par un combineur classique d'angle égal à 45 degrés.

Cependant dans la réalisation représentée sur la figure 4, le troisième pliage 42 de l'oculaire est différent d'un angle droit : l'angle entre le quatrième segment 33 qui précède le troisième pliage 42 de l'oculaire et le cinquième segment 34 qui le suit est strictement inférieur à 90 degrés ; cet angle est représenté sur la figure 4 par l'angle B de même valeur et situé entre le quatrième segment 33 et la représentation rabattue 44 du cinquième segment 34. Ce pliage est réalisé par le combineur 52.

La figure 5 représente une coupe du combineur 52 dans le plan contenant le quatrième segment rectiligne 33 et perpendiculaire au plan de déviation optique. Le combineur 52 présente une première face d'entrée 53 pour les rayons lumineux qui sont transmis par le combineur ; cette face est perpendiculaire aux rayons venant directement du paysage selon la direction du regard D2. Une seconde face d'entrée 54, pour les rayons de lumière intensifiée qui sont pliés par le combineur, est perpendiculaire au quatrième segment 33 du dispositif de vision nocturne. Une face de sortie 55 fait face à l'oeil 4 de l'utilisateur, elle est perpendiculaire au regard orienté suivant la direction D2, elle est parallèle à la première face d'entrée 53. Dans un combineur classique d'angle 60 égal à 45 degrés, la seconde face d'entrée 61 serait perpendiculaire à la première face d'entrée 53.

Le champ visuel perçu par l'oeil 4 de l'utilisateur du dispositif optique est limité en largeur par les rayons de bord de champ 56 et 57 ayant

CONFIDENTIEL DÉFENSE

une inclinaison θ de part et d'autre du rayon moyen du champ central sur le segment 34 suivant la direction D2. L'angle d'inclinaison θ est appelé le demi-champ du dispositif. Le double de l'angle d'inclinaison θ est le champ du dispositif. Dans le combineur selon l'invention, la seconde face d'entrée 54 est parallèle au trajet dans le combineur du rayon 56 de bord du champ. Le combineur 52 est caractérisé par un angle de pliage α , entre le rayon moyen du champ central et le plan de pliage 58, dépendant de l'indice optique n du combineur et du demi-champ θ du dispositif selon l'équation suivante exprimée en radians :

10

$$4\alpha = \pi + 2\text{Arcsin}\left(\frac{\sin \theta}{n}\right)$$

L'angle α du combineur est strictement supérieur à 45 degrés, d'une valeur ϵ non nulle selon la relation suivante :

$$\alpha = \pi/4 + \epsilon$$

Le combineur 52 est par exemple réalisé dans un verre de type crown d'indice optique n égal à 1.5 avec un angle α de 51.6 degrés ; il permet une large ouverture de champ de 40 degrés assurant notamment une vision nocturne confortable pour le pilotage. Dans cet exemple particulier, l'angle C entre la voie directe selon la direction D2 et la voie intensifiée selon le quatrième segment 33 n'est pas un angle droit de 90 degrés mais il vaut 103.6 degrés. L'angle C de la figure 5 est lié à l'angle B de la figure 4 par la relation : $B + C = 2\pi$

Le combineur 52 présente l'avantage de former un plan de déviation optique plus proche de la tempe de l'utilisateur que celui dû à un combineur classique. La masse des éléments optiques du dispositif équipé de ce combineur 52 présente un centre de gravité plus favorable pour l'utilisateur car le bras de levier par rapport au centre de gravité de la tête nue est réduit dans cette implantation.

Le combineur 52 selon l'invention présente également l'avantage d'être un peu moins volumineux et un peu plus léger qu'un combineur classique dont l'angle 60 serait égal à 45 degrés entre le rayon moyen du champ central et son plan de pliage 59 et qui présenterait une seconde face d'entrée 61 plus éloignée du rayon moyen du champ central que la seconde face d'entrée 54 du combineur 52.

Pour éviter des réflexions parasites sur la seconde face d'entrée 54 du prisme combineur 52 qui se produisent par exemple par



réflexion totale dans le prisme d'un rayon légèrement à l'extérieur du champ couvert par le combineur, une variante de réalisation consiste à ajouter une lentille 62, représentée sur la figure 4, dont une première face coïncide avec la seconde face d'entrée 54 du prisme. La lentille 62 est de préférence collée 5 à la seconde face d'entrée 54 du combineur. La lentille 62 présente une seconde face dont la surface sphérique évite la réflexion totale. La lentille 62 fait partie du second groupe de lentilles 51 de la figure 4.

De préférence, un pliage en correspondance avec celui de l'oculaire est réalisé dans l'objectif et ainsi une paire de lunettes assure un 10 recouvrement total des champs de chaque oeil de l'utilisateur. Le pliage adapté est réalisé par un prisme pour le pliage 36 de l'objectif. L'objectif présentant un diamètre d'environ 18 millimètres, la masse du prisme de l'objectif est relativement faible par rapport à la masse du combineur de l'oculaire dont le diamètre est plus important avec une valeur d'environ 30 15 millimètres. La masse supplémentaire dans l'objectif n'augmente pas la masse globale du dispositif selon l'invention qui comporte un combineur allégé d'angle α supérieur à 45 degrés dans l'oculaire.



CONFIDENTIEL DÉFENSE

DECLASSIFIED BY COMINT AGENCY
11

REVENDICATIONS

1. Dispositif compact de vision nocturne d'une scène comportant
5 un objectif (9) recevant en entrée (8) de la lumière de la scène selon une première direction (D1), un intensificateur de lumière (6), un oculaire (10) présentant à sa sortie une image intensifiée dans une seconde direction (D2) sensiblement parallèle à la première direction et des moyens de guidage des rayons lumineux entre l'entrée (8) de l'objectif et la sortie de l'oculaire, le guidage s'effectuant notamment selon un plan de déviation optique qui est sécant avec les première (D1) et seconde (D2) directions et contient l'axe longitudinal de l'intensificateur de lumière (6), ledit dispositif est caractérisé en ce que l'intensificateur de lumière (6) est un intensificateur assurant une rotation de l'image de 180 degrés entre son entrée et sa sortie et en ce que 15 les moyens de guidage comportent 4 pliages optiques, l'un étant dans l'objectif et les trois autres dans l'oculaire.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'oculaire réalise une unique image intermédiaire qui est située entre son 20 entrée (45) et sa sortie (43).

3. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'intensificateur (6) de lumière est un intensificateur standard à fibres inverseuses.

25

4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'oculaire comporte un combineur (11) qui transmet de la lumière reçue directement de la scène selon la seconde direction et lui superpose l'image intensifiée.

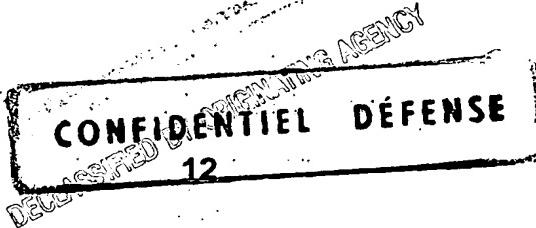
30

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que dans le combineur (52) l'angle de pliage (α), entre le rayon moyen (34) du champ central et le plan de pliage (58), dépend de l'indice optique n du combineur et du demi-champ θ du dispositif.

35

CONFIDENTIEL DÉFENSE

DECLASSIFIED BY COMINT AGENCY



6. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que dans le combineur (52) l'angle de pliage (α), entre le rayon moyen (34) du champ central et le plan de pliage (58), dépend de l'indice optique n du combineur et du demi-champ θ du dispositif selon l'équation suivante exprimée en radians :

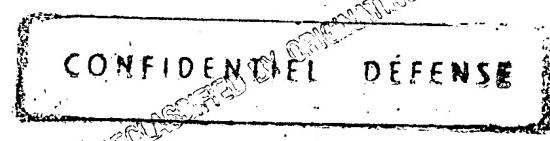
$$4\alpha = \pi + 2\text{Arcsin}\left(\frac{\sin \theta}{n}\right)$$

7. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que l'angle de pliage (α), entre le rayon moyen (34) du champ central et le plan de pliage (58), du combineur (52) est strictement supérieur à 45 degrés.

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que le combineur reçoit de la lumière directement de la scène par une première face d'entrée (53), qu'il reçoit l'image intensifiée par une seconde face d'entrée (54) et qu'il comporte une lentille (62) dont une face coïncide avec la seconde face d'entrée (54) du combineur et l'autre face est sphérique.

9. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il présente un champ large d'au moins 40 degrés.

10. Paire de lunettes compacte de vision nocturne comportant deux dispositifs selon l'une des revendications précédentes.



CONFIDENTIAL DEFENSE

1/3

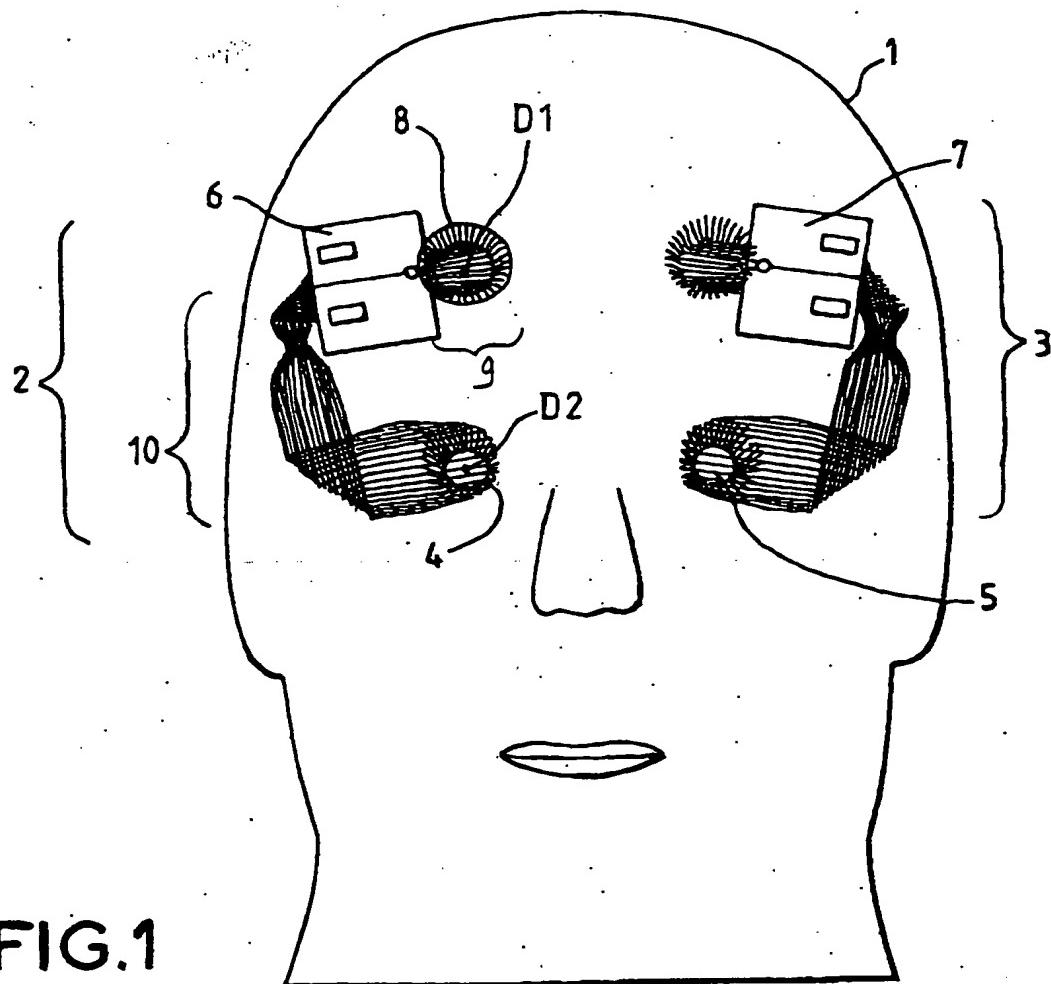


FIG.1

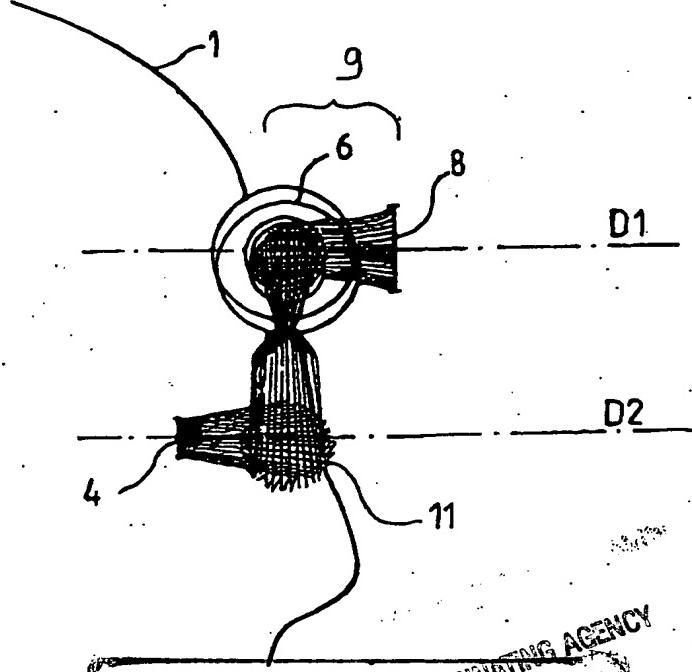


FIG.2

CONFIDENTIAL DEFENSE

DECLASSIFIED BY ORIGINATING AGENCY

CONFIDENTIEL DÉFENSE
DECLASSIFIED BY ORIGINATING AGENCY

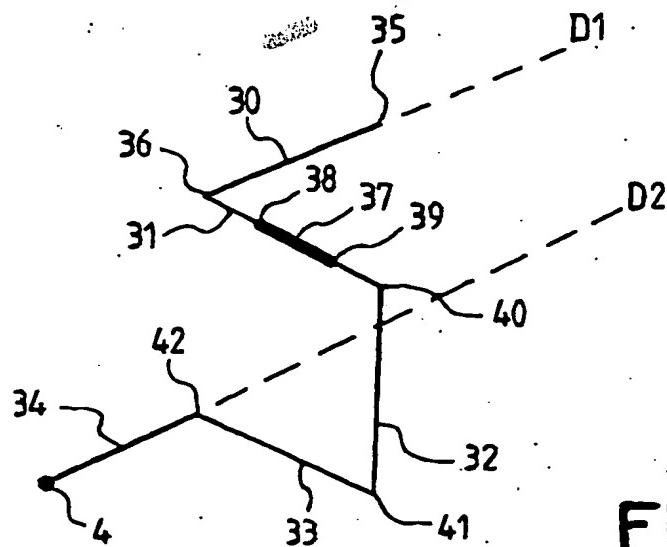


FIG.3

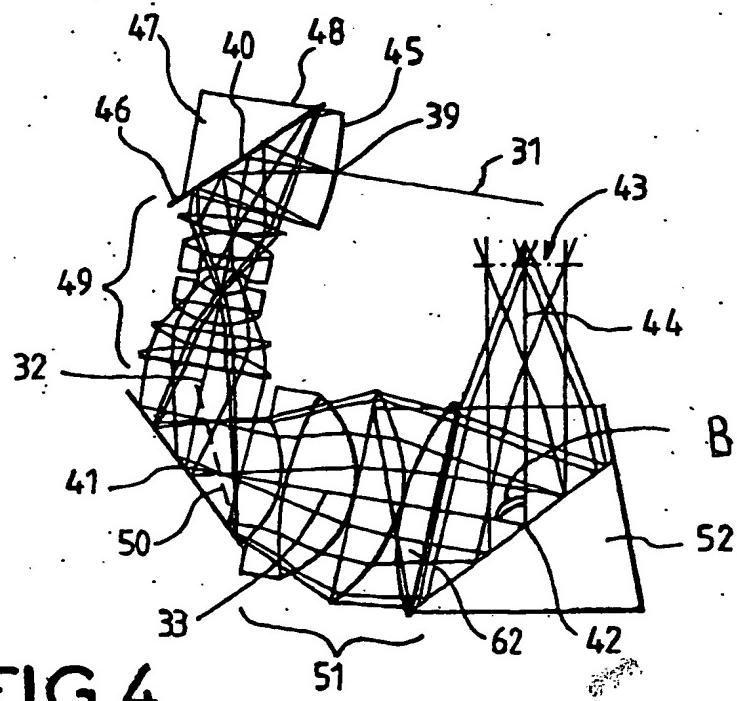


FIG.4

CONFIDENTIEL DÉFENSE
DECLASSIFIED BY ORIGINATING AGENCY

CONFIDENTIAL DEFENSE

DECLASSIFIED BY CRAPPING AGENCY

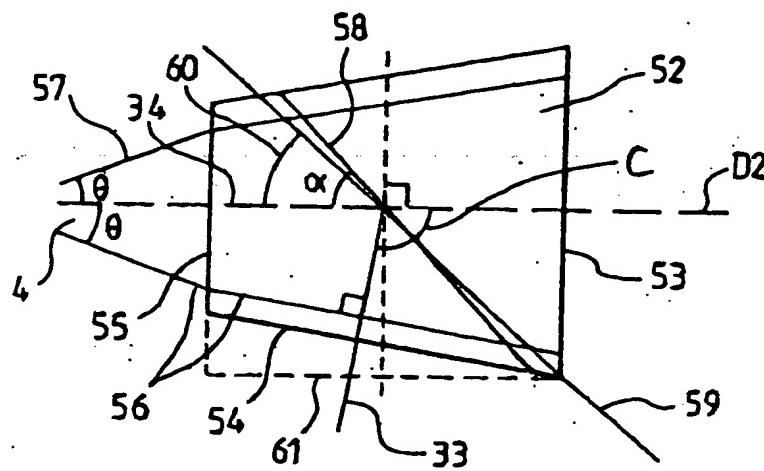


FIG.5

CONFIDENTIAL DEFENSE

DECLASSIFIED BY CRAPPING AGENCY

CONFIDENTIAL
DECLASSIFIED BY INVESTIGATING AGENCY

FRENCH REPUBLIC

INPI
NATIONAL INSTITUTE FOR INDUSTRIAL PROPERTY

PATENT

CERTIFICATE OF UTILITY - CERTIFICATE OF ADDITION

OFFICIAL COPY

The Director General for the National Institute for Industrial Property certifies that the annexed document is a true, certified copy of an application for an Industrial Property's Certificate of Ownership as filed with the Institute.

Paris, October 15, 2001

This official copy can be used only as a priority supporting document for the application for a corresponding United States patent subject to its being secured according to the conditions set forth in Article 2 of the February 15, 1999 edict extending the bans of the disclosure and free exploitation of the invention.

For the Director General of the National Institute of Industrial Property.
Chief, Department of Patents
[Signature]
Martine PLANCHE

National Institute
Of Industrial Property

HEADQUARTERS
26 bis, rue de Saint Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Tel: 01 53 04 53 04
Fax: 01 42 93 59 30
<http://www.inpi.fr>

PUBLIC NATIONAL ESTABLISHMENT CREATED BY LAW NO. 51-444 April 19, 1951

CONFIDENTIAL



~~CONFIDENTIAL~~

INPI
National Institute for Industrial Property
26 bis. Rue de Sain Petersbourg
75800 Paris Cedex 08
Tel: 01 53 04 53 04 Fax: 01 42 93 59 30

PATENT, CERTIFICATE OF UTILITY

Intellectual Property Code - Book VI
Application for the Issuance of a Patent
Confirmation of Filing by Fax []
This form is to be filled out in black ink
and capital letters.

DATE OF PRESENTATION OF
DOCUMENTATION: Dec 8, 1998
NATIONAL REGISTRATION
NUMBER: 98 15480
FILING DEPARTMENT:
FILING DATE: Dec 8, 1998

**1. Name and Address of Applicant or
Representative to Whom Correspondence**

Should Be Addressed:

Ms. Claire VASLIN
THOMSON-CSF
TPI/DB
13, Av. du Président Salvador Allende
94117 ARCUEIL CEDEX

number of permanent jurisdiction
02200

correspondent references
61536

telephone
01 41 48 45 47

2. APPLICATION Nature of Title of Ownership of Industrial Property
 patent

Preparation of Search Report [] delayed immediate
The applicant, a physical person, requests that the payment of fees be staggered
[] yes no

Title of the Invention (Maximum of 200 characters)

OPTICAL DEVICE FOR NIGHT VISION WITH STANDARD LIGHT
INTENSIFICATION

3. APPLICANT(S) SIREN # 612039495 APE-NAF Code _____
Last name and first name (Underline the last name) or title

Named:
SEXTANT AVIONIQUE

Legal Form
Société Anonyme

Nationality(ies) French

Country
France

Complete Address(es)
Aérodrome de Villacoublay
78141 VELIZY VILLACOUBLAY

If space is not sufficient, continue on blank paper.



~~CONFIDENTIAL~~

CONFIDENTIAL

4. INVENTOR(S) The inventors are the applicants yes no If the answer is no, furnish a separate designation.

5. REDUCTION OF FEES requested for the first time requested previously to filing; attach a copy of the acceptance decision

6. STATEMENT OF PRIORITY OR REQUEST TO BENEFIT FROM THE DATE OF A PREVIOUS APPLICATION

country of origin number filing date nature of application

7. DIVISIONS previous to this application no. date no. date

8. SIGNATURE OF APPLICANT OR REPRESENTATIVE

(name and description of signatory - record date)

[signature]

Claire VASLIN

SIGNATURE OF OFFICIAL AT RECEIVING DESK

SIGNATURE AFTER REGISTRATION OF THE APPLICATION TO INPI

[signature]



CONFIDENTIAL

INPI
NATIONAL INSTITUTE
OF INDUSTRIAL PROPERTY

ADMINISTRATIVE DIVISION FOR
PATENTS

26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 Paris Cedex 08

Tel. 01 53 04 53 04 Fax. 01 42 93 59 30

PATENT, CERTIFICATE OF UTILITY

NAME OF INVENTOR
(if the applicant is not the inventor or the sole inventor)
National Registration Number
98 15480

TITLE OF INVENTION:

OPTICAL DEVICE FOR NIGHT VISION WITH STANDARD LIGHT INTENSIFICATION

THE UNDERSIGNED:
SEXTANT AVIONIQUE

DESIGNATED AS INVENTOR(S) (indicate name, first name, and address, and underline the last name)
M. BIGNOLLES Laurent

Residing at:
THOMSON-CSF
TPI/DB
13, Avenue du Président Salvador Allende
94117 ARCUEIL CEDEX

NOTE: With exception, the name of the inventor may be followed by that of the société to which he belongs (société of affiliation) when the latter is different from the société which is the owner or is filing this application.

Date and signature(s) of applicant(s) or representative(s) Dec 8, 1998
[signature]
Claire VASLIN



ORIGINAL

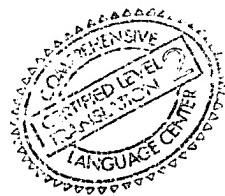
The invention relates to a night vision device worn on the user's head. More precisely, the invention is a compact night vision device making use of a standard light intensifier.

5 The pupil of the eye collects the light rays emitted by the landscape to form an image on the retina. At night, the emitted light intensity is too low for the naked eye to achieve good perception of the environment, yet it remains sufficient to enable an image intensifier to form a visible image of the landscape electronically.

In a light intensifier, or image intensifier tube, the electrons emitted by a
10 photocathode receiving photons from the landscape are multiplied, accelerated and directed onto a screen where an intensified image of the landscape is formed. In a night vision device, the intensifier is associated with an objective that focuses the scene observed on the photocathode and with an eyepiece that conveys an intensified, collimated image of the scene to the user's eye.

15 Today, the most common night vision devices are night vision binoculars in which the objective, the light intensifier and the eyepiece are aligned in front of the user's eye. The objective forms an image of the scene on the photocathode but simultaneously rotates it 180° (the landscape appears upside down on the photocathode). To present the user with a visible image the right way up, a night vision binocular also includes an
20 optical system to rotate the intensified image through 180°, generally a twisted bundle of optical fibers known as an inverter fibers bundle. Standard light intensifiers are widely commercialized; they incorporate a bundle of inverter fibers.

CONFIDENTIAL



DECLASSIFIED BY CIRCULATING AGENCY

Night vision binoculars can be mounted on a helmet, specifically that of an aircraft or helicopter pilot. However, these devices mounted in front of the user's eyes are inconveniently large. Their weight and the position of their center of gravity increase the risk of injury to the head of the pilot wearing them and prevent him from making a sudden, unprepared ejection from the aircraft.

To reduce the overall size of the object mounted in front of the user's eyes, night vision binoculars incorporating optical deflections have been proposed. The patent US 4 653 879 describes binoculars with an optical circuit positioned in a plane perpendicular to the viewing direction and in which the light is intensified; a mixer superimposes the intensified image on the user's direct view. The complete intensified optical channel includes 6 deflecting mirrors or prisms. Such binoculars are still heavy and too bulky to be placed inside the user's helmet.

Other night vision binoculars have been proposed with 4 optical deflections; each intensified channel includes an objective that performs two deflections, a specific light intensifier without inverter fibers that is positioned vertically and to one side of the user's eye, and an eyepiece that performs two further deflections. These binoculars are compact, light and compatible with the safety constraints imposed by the need for possible ejection of the wearer. However, the use of a specific light intensifier entails high costs, specifically for the certification procedure associated with the use of such binoculars in certain aircraft. Although the standard intensifier includes an additional bundle of optical fibers compared with the specific intensifier, is overall a much less expensive choice for the optical device. The replacement of the specific intensifier by a standard intensifier in such binoculars would cause the intensified image of the landscape



to be inverted; the addition of a block of inverter fibers to correct this drawback would excessively increase the overall height of these binoculars by raising the objective; binoculars thus modified would no longer be compact.

The problem is therefore to design night vision binoculars, using a standard light
5 intensifier, that are compact and compatible with an unprepared ejection of the wearer from an aircraft, while providing a wide field of vision of at least 40°.

For this reason, the invention proposes a compact night vision device including an objective that receives light form the scene being viewed along a first direction, a light intensifier, an eyepiece that outputs an intensified image along a second direction
10 substantially parallel to said first direction, and means of guidance of the light rays between said objective and said output of the eyepiece, this guidance being achieved specifically along an optical deflection plane that intersects said first and second directions and contains the longitudinal axis of said light intensifier, wherein said device is characterized in that the light intensifier performs a 180° rotation of the image between
15 its entry and exit, and wherein said means of guidance include 4 optical deflections, one in the objective and the three others in the eyepiece.

The longitudinal axis of the light intensifier is the axis along which the electrons emitted by the photocathode are accelerated; it is the axis perpendicular to the photocathode's tangent plane.

20 The eyepiece according to the invention produces a single intermediate image between its entry and its exit. This eyepiece according to the invention produces a single intermediate image between the image source and the eye of the user.

CONFIDENTIAL



CONFIDENTIAL

The light intensifier is preferably a standard light intensifier, specifically, an intensifier certified for equipping a device mounted in the vehicle in which the night vision device is used.

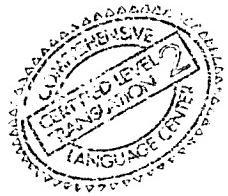
The eyepiece preferably includes a combiner whose angle α , between the median ray of the central field and the deflection plane 58, depends on the optical index n of the combiner and the half-field θ of the device. The angle of the combiner is greater than 45°.

The compact device according to the invention provides a visual field width of at least 40°.

The invention can include an additional image source enabling other information to be superimposed on the intensified landscape image; for example aircraft flight data.

Other characteristics and advantages of the invention will become clear in the following detailed description of specific embodiments, making reference to the attached drawings in which the same items always carry the same reference number:

- 15 - Figure 1 shows a front view of the envelope of the path of the light rays for each eye of the user in a night vision device according to the invention;
- Figure 2 shows the same envelope as in figure 1, but seen from the right side of the user's head;
- Figure 3 is a simplified perspective diagram of a device according
20 to the invention;
- Figure 4 is a diagram of an eyepiece according to the invention partially "folded" into the plane of the paper;
- Figure 5 shows a combiner according to the invention.

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

Figure 1 shows a front view of the head of a user 1 wearing a compact night vision device 2, 3 in front of each eye 4, 5; device 2 corresponds to the user's right eye 4. Each device is represented by the outline of the volume occupied by the light rays traversing it and of a cylindrical part representing the exterior envelope of a light 5 intensifier 6, 7 with inverter fibers. The intensifier 6, 7 is placed on the user's forehead, slightly to the side with respect to the eye; its longitudinal axis is substantially horizontal.

In the device 2, the aperture 8 of the objective 9 is located at forehead level, above the user's eye 4. Light emitted by the landscape is received along a first direction of observation D1 which is perpendicular to the entry aperture 8. The direction of the user's 10 natural line of sight is along a second direction D2 which is different from the first direction D1; since the directions of observation D1 and D2 are preferably parallel, the distance between them is kept as small as possible. Across the width of the user's head, the distances between the two lines D1 and D2 are the same to within a few millimeters, which avoids horizontal parallax errors when a separate night vision device producing an 15 intensified image of the landscape is used on each eye of the observer. The eyepiece 10 conveying the intensified image from the intensifier 6 to the eye 4 preferably includes a combiner that is transparent for the light rays received from the landscape along direction D2 thereby producing the deflection of the light from the intensifier. The eye then receives an intensified image, observed by the objective in the direction D1, 20 superimposed on the direct view of the landscape seen in the direction D2.

In figure 2, the offset between the directions of observation D1 and D2 is shown relative to the height of the user's head; the distance between the lines D1 and D2 is limited to about 4 centimeters. This offset leaves the user's direct line of sight

DECLASSIFIED BY THE FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION
CONFIDENTIAL



~~CONFIDENTIAL~~

unobstructed in direction D2 if the eyepiece includes a combiner 11 placed in front of the eye 4, while conserving an intensified image observed at a point close to the eye. This position of the viewing aperture of the compact device is specifically compatible with the limited dimensions of a cockpit, such as that of a warplane, in which an observation point 5 situated far above the eye would not allow a broad view of the landscape through the canopy, since it could be obstructed by the upper framework of the canopy.

A compact device according to the invention is represented schematically in perspective in figure 3. The median ray of the central field of view of the device is shown as a solid line composed of 5 straight segments 30 to 34, no two successive segments being parallel. This light ray, arriving along a direction of observation D1, 10 enters the device at the point 35 at the center of the aperture of the objective and follows the first rectilinear segment 30. At deflection 36 it is deflected into an optical deflection plane intersecting the direction of observation D1 of the light to be intensified. It follows the segment 31 which coincides with the longitudinal axis 37 of the light intensifier. The 15 median light ray of the central field leaves the objective and enters the intensifier, encountering the photocathode at point 38 on the segment 31. The objective thus forms an image of the landscape in the plane of the intensifier's photocathode, perpendicular to the second segment 31 at the point 38; the photocathode is located in the focal plane of the objective. The optical deflection plane is perpendicular to the plane of the 20 photocathode.

The intensifier first displays an intensified image of the landscape (observed in direction D1), for example on the screen of a cathode ray tube, then it rotates this image through 180° along its longitudinal axis 37 aligned with the segment 31. In a standard

~~CONFIDENTIAL~~

light intensifier, this rotation is achieved by means of a twisted bundle of optical fibers, also known as the inverter fibers bundle. The image displayed at the output of the intensifier has a tangent plane substantially perpendicular to the current segment 31 at a point 39 and the median ray of the central field, drawn in figure 3, enters at this point 39
5 the eyepiece of the optical device.

The eyepiece is the part of the device between the output of the light intensifier and the user's eye 4. It presents the user with an image that is preferably collimated. In the eyepiece, the light ray shown in figure 3 is subjected to a first deflection 40, for example towards the bottom of the user's face along a third straight segment 32. The
10 second and third segments 31 and 32 lie in the optical deflection plane that intersects the direction of observation D1 and in which the light ray is subjected to a second deflection 41, this time along a fourth straight segment 33 substantially parallel to the second segment 31 along which the light entered the eyepiece. In the embodiment shown in figures 1 and 2, the optical deflection plane is substantially vertical.
15

At the end of the fourth straight segment 33, the median ray of the central field is still in the eyepiece and it is subjected to a third deflection 42 which directs it outside the optical deflection plane, towards the eye 4 along a fifth straight segment 34 whose direction D2 is substantially parallel to the direction D1 of the light ray entering the objective.
20

Figure 4 shows an eyepiece according to the invention; it is "flattened" into the plane of figure 4 which corresponds to the optical deflection plane containing the second, third and fourth straight segments 31, 32 and 33 described previously with reference to figure 3. The fifth straight segment 34, in the direction D2 and near the eye 4, in fact lies

CONFIDENTIAL



CONFIDENTIAL
DECLASSIFIED BY ORIGINATING AGENCY

outside the optical deflection plane but it is represented folded down into the plane of figure 4 in the form of a segment 44 originating at the third optical deflection point 42 of the eyepiece. In figure 4, this segment 44 is perpendicular to a segment 43 that corresponds to a folded down representation of the pupil of the eye 4.

5 The intensifier performs the intensification and 180° rotation around its longitudinal axis of the incident light; it is an intensifier-inverter. Its output presents a surface whose tangent plane is perpendicular to the second straight segment 31. This surface is also the entry surface 45 in the eyepiece. In the eyepiece, the light ray following the segment 31 is subjected to a first deflection 40 of about 90° in the plane of 10 figure 4 by a first deflection means 46 that is flat and substantially perpendicular to the plane of figure 4. This first deflection means 46 is a plane mirror, for example. In a variant of the embodiment, the first deflection means 46 is a combiner cube 47 that allows another image displayed on one of its faces 48 to be superimposed on the intensified image obtained on the entry face 45 of the eyepiece located at the output of 15 the assembly composed of the objective and the image intensifier-inverter. This other superimposed image could include, for example, information in symbolic form. The combiner cube 47 has the advantage of being located at some distance from the eye 4; it does not obstruct the user's direct field of view and it allows additional information to be displayed, for example flight data useful for a pilot.

20 After the first deflection 40, the light rays from the intensified image displayed on the output surface of the intensifier traverse a first set of lenses 49, then they are deflected through about 90° by a second deflection system 41. The central ray of the field of the objective, that entered the eyepiece along the second segment 31, now follows the fourth

CONFIDENTIAL



CONFIDENTIAL

segment 33 (figure 3) which is parallel to and oriented in the direction opposite that of segment 31. The first set of lenses 49, centered on the third segment 32 of the device, produces an intermediate image 50 of the intensified image displayed on the entry surface 4 of the eyepiece. A second set of lenses 51 and a third means of deflection 42 enable the 5 intensified image to be conveyed to the user's eye. The second set of lenses 51 preferably collimates the intermediate image.

The eyepiece according to the invention produces a single intermediate image 50 between the entry surface 45 of the eyepiece, on which the source image is formed, and the output of the eyepiece near which the user places the pupil 43 of his eye 4; in 10 combination with an objective, the eyepiece enables an intensified image representing the geometry of the landscape and produced by an intensifier-inverter to be conveyed to the user. The lenses of the first set 49 are of smaller diameter than the entry surface 45 of the eyepiece and the second set of lenses 51 assuring the collimation, so they do not substantially increase the weight of the night vision device of the invention. The third 15 deflection 42 of the eyepiece is preferably provided by a combiner that produces both the deflection of the intensified light rays to the user's eye 4 and the transmission of light received directly from the landscape in direction D2. With the combiner, the intensified image acquired in direction D1 is superimposed on the direct view in direction D2.

In the invention, the third deflection 42 is for example a 90° deflection that directs 20 the light ray of the fourth straight segment 33 along a line normal to the optical deflection plane; this plane is also perpendicular to the direction of observation D1. The deflection can be achieved by a mirror inclined at 45° with respect to the fourth segment 33, or by a classical combiner with an angle of 45°.

CONFIDENTIAL



CONFIDENTIAL
DECLASSIFIED BY GOVERNMENT AGENCY

However, in the embodiment shown in figure 4, the third deflection 42 of the eyepiece is not a right angle: the angle between the fourth segment 33 that precedes the third deflection 42 of the eyepiece and the fifth segment 34 that follows it is expressly less than 90°; this angle is represented in figure 4 by the angle B having the same value 5 and located between the fourth segment 33 and the folded-down representation 44 of the fifth segment 34. This deflection is performed by the combiner 52.

Figure 5 shows a sectional view of the combiner 52 in the plane containing the fourth straight segment 33 and perpendicular to the optical deflection plane. The combiner 52 has a first entry face 53 perpendicular to the light rays which are received 10 directly from the landscape along the viewing direction D2 and transmitted through the combiner. A second entry face 54, perpendicular to the fourth segment 33 of the night vision device, receives the intensified light that is perpendicular to the fourth segment 33 of the night vision device, receives the intensified light that is to be deflected by the combiner. An exit face 55, perpendicular to the viewing direction D2 and located in front 15 of the user's eye 4, is parallel to the first entry face 53. In a classical combiner, in which the angle 60 is equal to 45°, the second entry face 61 would be perpendicular to the first entry face 53.

The visual field perceived by the eye 4 of the user of the optical device is limited in width by the field border rays 56 and 57 that are inclined at an angle θ on each side of 20 the median ray of the central field on the segment 34 in direction D2. The angle of inclination θ is known as the "half-field" of the device; the field of the device is equal to twice the angle θ. In the combiner according to the invention, the second entry face 54 is parallel to the path in the combiner of the field border ray 56. The combiner 52 is



CONFIDENTIAL
DECLASSIFIED BY GOVERNMENT AGENCY

CONFIDENTIAL

characterized by a deflection angle α , between the median ray of the central field and the deflection plane 58, that depends on the optical index n of the combiner and the half-field θ of the device according to the following equation, expressed in radians:

$$4\alpha = \pi + 2\text{Arcsin}(\sin \theta / n)$$

5 The angle α of the combiner expressly exceeds 45° , by a non-zero value ε :

$$\alpha = \pi/4 + \varepsilon$$

The combiner 52 is for example made of a crown-type glass of optical index n equal to 1.5 with an angle α of 51.6° ; this allows for a wide field aperture of 40° assuring, in particular, comfortable night vision for the pilot. In this particular example,
10 the angle C between the direct channel in direction D2 and the intensified channel along the fourth segment 33 is not a right angle but is equal to 103.6° . The angle C of figure 5 is related to the angle B of figure 4 by the relation: $B + C = 2\pi$

The combiner 52 presents the advantage of having an optical deflection plane closer to the user's temple than that of a classic combiner. In addition, the weight and
15 center of gravity of the optical parts of the device equipped with this combiner 52 are more favorable for the user since the leverage exerted on the bare head is less in this arrangement.

The combiner 52 according to the invention also has the advantage of being a little less voluminous and a little lighter than a classic combiner in which the angle 60
20 between the median ray of the central field and its deflection plane 59 would be equal to 45° and whose second entry face 61 would be farther from the median ray of the central field than the second entry face 54 of the combiner 52.



CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

To avoid parasitic reflections on the second entry face 54 of the combiner prism 52 produced for example by total reflection in the prism of a ray slightly outside the field covered by the combiner, a variant of the embodiment consists in adding a lens 62, shown in figure 4, of which one face coincides with (and is preferably glued onto) the 5 second entry face 54 of the combiner of the combiner prism. The lens 62 has a second face whose spherical surface avoids total reflection. The lens 62 forms part of the second set of lenses 51 in figure 4.

Preferably, a deflection complementary to that produced by the eyepiece is performed in the objective; in this way a pair of binoculars provides total overlapping of 10 the fields of vision of each eye of the user. The appropriate deflection is achieved by a prism for the deflection 36 in the objective. The objective has a diameter of about 18 millimeters, so the weight of the prism in the objective is relatively slight compared to the weight of the eyepiece combiner whose diameter is greater (about 30 millimeters). The additional weight in the objective does not increase the overall weight of the device 15 according to the invention which includes a lightweight combiner of angle α greater than 45° in the eyepiece.

CONFIDENTIAL
DECLASSIFIED BY SPARTAN AGENCY

